

DU POUVOIR OSTÉOGÈNE
DE
LA MOELLE OSSEUSE

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 26 Novembre 1884

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

PAUL HYVERNAT

ANCIEN INTERNE DES HÔPITAUX



LYON

IMPRIMERIE NOUVELLE

52, Rue Ferrandière, 52

—
Novembre 1884

DU POUVOIR OSTÉOGÈNE
DE
LA MOELLE OSSEUSE

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 26 Novembre 1884

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

PAUL HYVERNAT

ANCIEN INTERNE DES HÔPITAUX



LYON

IMPRIMERIE NOUVELLE

52, Rue Ferrandière, 52

—
Novembre 1884

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET.	Doyen.
BONDET.	} ASSESSEURS.
CROLAS.	
MONOYER	

PROFESSEURS ET PROFESSEURS-ADJOINTS

Anatomie.	MM. PAULET.
Physiologie.	MORAT.
Anatomie générale et histologie.	RENAUT.
Anatomie pathologique.	TRIPPIER (Raymond).
Médecine expérimentale et comparée.	CHAUVEAU.
Chimie minérale.	GLÉNARD.
Chimie organique et toxicologie.	CAZENEUVE.
Physique médicale.	MONOYER.
Zoologie et Anatomie comparée	LORTET.
Pharmacie	CROLAS.
Pathologie interne.	J. TEISSIER
Pathologie externe.	BERNE.
Pathologie et Thérapeutique générales.	MAYET.
Hygiène	ROLLET.
Thérapeutique	SOULIER.
Matière médicale et Botanique.	CAUVET.
Médecine légale.	LACASSAGNE.
Médecine opératoire	PONCET.
Cliniques médicales	} LÉPINE.
	} BONDET.
	} RAMBAUD, professeur-adjoint
Cliniques chirurgicales.	} OLLIER.
	} TRIPIER (LÉON).
	} BOUCHACOURT.
Clinique obstétricale et Accouchements.	} DELORE, professeur-adjoint.
Clinique ophtalmologique.	GAYET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	GAILLETON.
Clinique des maladies mentales	PIERRET.

Professeurs honoraires

MM. DESGRANGES, B. TEISSIER.

COURS CLINIQUES COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Femmes.	MM. LAROYENNE, chargé du cours.
Clinique des Maladies des Enfants.	PERROUD, chargé du cours.

AGRÉGÉS

MM. BARD	MM. DEBIERRE	MM. PERRET	MM. VINAY	CHARGÉ DES FONCTIONS D'AGRÉGÉ
BEAUVISAGE	LAURE	POLLOSSON	VINCENT	
BOUVERET	LEVRAT	POULLET		
CHANDELUX	LINOSSIER	SABATIER		M. CHARPY

M. ÉTIÉVANT, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. OLLIER, président; M. LÉPINE, assesseur; MM. CHANDELUX et VINCENT, agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MA FAMILLE

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR OLLIER



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554216_0014

INTRODUCTION

Dans l'étude que nous allons faire du pouvoir ostéogène de la moelle, nous n'avons pas le projet et encore moins la prétention d'élucider une question nouvelle ou absolument inconnue.

Beaucoup d'auteurs en ont traité avant nous ; mais comme les faits rapportés par les différents expérimentateurs sont contradictoires, nous avons cru qu'il ne serait pas inutile de les contrôler par des expériences nouvelles. Ce sont ces quelques expériences qui ont été le point de départ de notre thèse.

Nous diviserons notre étude en trois parties. La première partie comprendra quelques détails anatomiques et physiologiques ; la deuxième partie sera réservée à l'exposition des recherches des différents expérimentateurs ; dans la troisième partie nous ferons connaître nos expériences. Pour nos recherches, nous nous sommes servi de lapins, de poulets, de chats, de chiens ; nous avons fait en tout dix-sept

expériences. En général, les animaux étaient jeunes, les chiens seuls étaient adultes. Nous n'avons eu que deux succès.

Mais avant de commencer, nous devons nos remerciements à : M. Vincent, chirurgien-major de la Charité de Lyon, pour les expériences qu'il a bien voulu nous communiquer et la direction patiente qu'il nous a accordée dans nos recherches ; à M. Morat, professeur de physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon, pour l'accueil bienveillant qu'il nous a donné dans son laboratoire.

DU POUVOIR OSTÉOGÈNE
DE
LA MOELLE OSSEUSE

PREMIÈRE PARTIE

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

La moelle, substance molle, friable, que l'on rencontre au centre de la diaphyse de tous les os longs, présente trois variétés suivant sa coloration : 1° la moelle rouge ou moelle foetale, parce qu'on la trouve surtout dans les os du fœtus ; 2° la moelle gélatineuse, caractérisée par sa demi-transparence et sa coloration grisâtre ; 3° la moelle proprement dite ou moelle grasseuse.

Elle est constituée : 1. par des médullocelles ; 2° par des myéloplaxes ; 3° par une certaine quantité de substance amorphe, homogène, demi-transparente ; 4° par des vaisseaux capillaires ; 5° par des tubes nerveux qui constituent les nerfs des os ; 6° par

des fibres de tissu lamineux, constituant une trame délicate.

Les médullocelles présentent deux variétés : l'une est une cellule pleine, granuleuse, contenant un noyau rond ; l'autre a la forme d'un noyau libre. Les médullocelles qui ont la forme d'une cellule n'ont quelquefois pas de noyaux ; d'autres fois, le noyau est très volumineux. Les noyaux libres ont la même structure que les noyaux inclus dans les cellules.

Au centre d'un petit nombre de médullocelles, apparaissent une ou deux granulations plus grosses que les autres, représentant manifestement un nucléole. Les médullocelles sont quelquefois creusées d'une cavité ou excavation, comme on le voit sur beaucoup d'autres cellules.

L'hypergénèse des médullocelles s'observe dans le cas d'inflammation aiguë ou chronique de la moelle, ou seulement à la suite de périostite, de tumeurs du périoste, ou d'ulcère voisin d'un os, lorsque surtout la moelle a pris un aspect rougeâtre, plus prononcé qu'à l'état sain. De tous les éléments qui constituent la moelle, la médullocelle en serait le plus important ; c'est elle qui jouerait le rôle le plus actif dans les ossifications intra-médullaires.

Les myéloplaxes sont des cellules sphériques, ovoïdes ou irrégulièrement polyédriques, avec un ou plusieurs noyaux ; mais le plus ordinairement ce sont des lamelles très grandes, de forme variée, finement granuleuses, pourvues de noyaux nombreux, semblables à ceux de la variété cellule proprement dite. Elles se rencontrent à tous les âges de la vie et

chez tous les vertébrés ; elles sont surtout abondantes contre la substance osseuse elle-même. On les rencontre aussi dans les canaux vasculaires de Havers et dans les canaux vasculaires des cartilages en voie d'ossification.

Les myéloplaxes polyédriques peuvent présenter des prolongements simples ou ramifiés. Dans l'intervalle des prolongements, les bords sont nets ou irréguliers, comme déchirés. Ces éléments offrent, en général, de trente à soixante millièmes de millimètre de longueur ; la teinte en est grise ; leur transparence est tantôt assez grande, tantôt médiocre. L'eau n'a aucune action sur les myéloplaxes. L'acide acétique fait disparaître les granulations et rend les noyaux et les contours plus évidents.

Chacune des myéloplaxes est remplie d'une substance homogène, incolore, parsemée de petites granulations grisâtres ; à côté de ces dernières, on trouve quelquefois des granulations jaunâtres. Le plus ou moins grand nombre de granulations rend la cellule plus ou moins opaque.

Le nombre des noyaux contenus dans les myéloplaxes varie de un à trente ; ces noyaux sont plus rapprochés du centre que des bords. Les noyaux ont une longueur de sept à dix millièmes de millimètre, sur un tiers de moins en largeur ; ils peuvent contenir un ou plusieurs nucléoles. Il est rare de trouver des myéloplaxes de forme absolument semblable.

Il existe deux variétés de myéloplaxes : 1° la variété myéloplaxe à noyaux multiples, à forme irrég-

gulière, à contours dentelés ou chargés de prolongements simples ou ramifiés ; 2° la variété cellule proprement dite, de forme sphérique ou ovoïde, renfermant un ou deux noyaux, identiques de forme à ceux des myéloplaxes à noyaux multiples. Les myéloplaxes à forme sphérique ou ovoïde se distinguent des médullocelles par un volume plus considérable, par plus de transparence, par des granulations plus fines et plus uniformément distribuées, par leur noyau ovoïde plus transparent et pourvu d'un nucléole.

La membrane médullaire n'existe pas ; mais ce que l'on voit facilement sur la moelle gélatiniforme, c'est une trame de fines fibres lamineuses entrecroisées dans toutes les directions. Ces fibres vont se jeter sur la tunique adventice des vaisseaux. Ce n'est que dans la moelle des os longs et dans les plus grands espaces médullaires du tissu spongieux que l'on rencontre cette trame fibrillaire. Dans les intervalles de cette trame sont les médullocelles, la matière amorphe, des capillaires et des vésicules adipeuses.

Ces particularités de texture sont développées dès le milieu ou la fin de la deuxième année. Avant cet âge, les fibrilles sont à l'état de corps fibro-plastiques, tant fusiformes qu'étoilés. Quelques-uns de ces derniers servent de centre d'irradiation à des fibres qui vont dans tous les sens : ce qui rappelle la structure des glandes lymphatiques et explique la possibilité de rencontrer dans la moelle des tumeurs lymphoïdes.

Nous avons dit que la moelle osseuse peut présenter différentes colorations. La moelle fœtale ou rouge doit sa coloration à ce qu'elle est composée en grande partie de médullocelles. L'accumulation des médullocelles avec les vaisseaux et un peu de matière amorphe donnent la coloration rougeâtre.

La moelle gélatiniforme doit son aspect à la prédominance considérable de la matière amorphe sur les médullocelles. La moelle grasseuse est caractérisée par l'abondance des cellules adipeuses. La vascularité est relativement moindre dans la moelle grasseuse que dans les moelles gélatiniforme et rouge.

Lorsque la moelle s'enflamme, elle prend une coloration rouge, cela tient à la multiplication des médullocelles et à la disparition des vésicules grasseuses.

Au sujet des vaisseaux de la moelle, nous dirons seulement qu'ils sont fournis soit, par la diaphyse (artères diaphysaires), soit par l'épiphyse (vaisseaux articulaires ou épiphysaires).

Le filet nerveux diaphysaire a seul été suivi dans la moelle. Suivant Gros, les filets nerveux, qui pénètrent dans le canal nourricier, possèdent un vrai ganglion, à l'entrée de ce conduit. On trouve souvent des tubes nerveux, minces, le long des artères médullaires de la diaphyse et des extrémités articulaires. De ces nerfs, les uns sont des vaso-moteurs, les autres des nerfs de la sensibilité. La moelle serait toujours sensible au voisinage du trou nourricier et à sa surface.

Les propriétés physiologiques de la moelle sont

assez nombreuses. Tout d'abord, la moelle serait un organe d'absorption pour la surface interne de l'os. Dubuisson-Christôt conclut avec Flourens : 1° que le rôle réservé à cette activité d'absorption est la résorption de l'os, évoluant à l'état normal, pour l'agrandissement de ses cavités, pendant que le périoste forme extérieurement de l'os nouveau ; 2° que plus tard cette action devient inutile et qu'alors la moelle se métamorphose et choisit l'état le plus propre à remplir le vide des supports osseux ; 3° que lorsque l'ostéopériostite surexcite l'activité ostéogénique, la puissance formatrice prime l'énergique action absorbante de la moelle, mais que lorsque l'inflammation diminue ou tombe, la moelle reprend, comme par enchantement, les propriétés anatomiques nécessaires pour qu'elle commence son rôle d'agent de résorption ; les os de nouvelle formation subissent alors l'action dissolvante de la moelle.

La présence des cavités médullaires de l'os a pour résultat d'en augmenter la solidité sans en augmenter le poids. En même temps, l'os offre plus de surface aux insertions ligamenteuses et tendineuses.

D'après Bizzozero, Newman et d'autres auteurs, les cellules de la moelle seraient des corpuscules lymphatiques qui se transformeraient en globules rouges et passeraient par diapédèse dans l'intérieur des capillaires. La moelle serait donc un organe hématopoïétique. Robin rejette cette opinion en se fondant surtout sur la grande différence qui existe entre les cellules de la moelle et les leucocytes.

Mais une des propriétés de la moelle, qui a soulevé

le plus de discussions, suscité le plus de travaux, est sans contredit, la propriété ostéogène. A l'état normal, il est évident, je crois, que la moelle ne forme pas de l'os. Mais en est-il de même lorsque survient une irritation pathologique ou expérimentale ? Nous allons voir, dans la deuxième partie de notre thèse, quelle a été la réponse des différents observateurs à cette question.

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES DES EXPÉRIMENTATEURS SUR LE POUVOIR OSTÉOGÈNE DE LA MOELLE

Le rôle de la moelle osseuse dans la régénération des os est une question encore discutée aujourd'hui. Pourtant cette question s'impose toujours, notamment dans l'étude des cals des fractures, dès que l'on cherche à expliquer la naissance du cal intérieur, situé dans le canal médullaire. Le cal est-il fourni par la moelle osseuse, ou bien vient-il de l'extérieur ; est-il une partie du cal périostal externe ? En d'autres termes, la moelle osseuse possède-t-elle la propriété de produire du tissu osseux, faut-il, par conséquent, la considérer comme un organe de la régénération des os ?

La réponse à cette question, depuis surtout que l'on étudie la formation du cal, a occupé les cher-

cheurs. Dans les temps anciens, on ne doutait pas de la formation autochtone du cal médullaire. Aussi longtemps que domina l'ancienne opinion de Galien sur le suc ossifiant, par conséquent jusqu'au milieu du dix-huitième siècle, on fit provenir de la moelle osseuse surtout ce suc qui régénère l'os.

Ce fut à cette époque que Duhamel fit reconnaître au périoste le pouvoir de former de l'os, mais il attribuait à la moelle le même rôle. On admettait alors l'existence d'une membrane particulière, appelée membrane médullaire et on lui supposait les mêmes propriétés qu'au périoste. Cette opinion s'est donc accréditée et s'est conservée jusqu'à ces derniers temps. Et même aujourd'hui, que la croyance à une membrane médullaire est considérée comme erronée, on considère généralement encore le cal interne comme un produit du tissu médullaire.

Troja fit à son tour des expériences, qui paraissaient confirmer celles de Duhamel.

Flourens résume ainsi son opinion sur le rôle de la moelle dans la formation des os :

« La membrane médullaire est l'organe qui résorbe les couches internes de l'os.

« La membrane médullaire produit l'os, comme le produit le périoste.

« De son côté, le périoste résorbe l'os, comme le résorbe la membrane médullaire elle-même.

« Le périoste et la membrane médullaire sont donc un seul et même organe. »

Lebert s'élève contre l'opinion de ses prédécesseurs, refuse à la moelle tout pouvoir ostéogène, soutient

que le cal de la fracture est fourni par le périoste et que le cal intérieur n'est qu'une partie du cal périostal.

En 1858, Broca lut à la société anatomique un rapport tendant à prouver les ossifications intra-médullaires.

M. Ollier s'élève avec énergie contre le titre de périoste interne donné à la moelle. « La moelle, dit-il, ressemble au périoste, en ce qu'elle est une des parties constituant de l'os, en ce que ses vaisseaux vont se distribuer par les canalicules de Havers dans les portions de tissu osseux, qui sont en contact avec elles, mais l'analogie ne va pas plus loin à l'état normal. La moelle ne produit pas de l'os par elle-même, elle ne se développe qu'à mesure que l'os se résorbe, remplace un tissu osseux, préexistant et ne peut être que le résultat ou l'organe de cette absorption intérieure. A l'état pathologique seulement, les conditions changent, la moelle peut s'ossifier et alors son analogie avec le périoste devient plus acceptable. »

Ollier a entrepris, au sujet de la moelle, trois séries d'expériences :

Dans la première série, il prouve que la moelle ne produit pas de tissu osseux dans l'évolution régulière de l'os. Il introduit dans ce but une lamelle d'argent sous le périoste d'un jeune animal. Cette lamelle est d'abord séparée de la moelle par toute l'épaisseur de l'os ; mais au bout d'un certain temps, elle est directement en contact avec la moelle. La moelle n'a donc pas fait de l'os, elle s'est seulement élargie aux dépens de l'os qui s'est résorbé.

Dans la deuxième série, la moelle est isolée du tissu osseux avec lequel elle est normalement en rapport. Ollier étudie alors ce qu'elle devient dans le cas où elle est transplantée loin de l'os, et dans le cas où elle est isolée sur place.

Dans le premier cas, les résultats qu'il a obtenus ont toujours été négatifs. La moelle, transplantée loin de l'os qui la renfermait, soit sur un autre individu, soit sur le même individu, ou bien se résorbe, ou bien se transforme en tissu graisseux, ou enfin donne naissance à quelques gouttes de pus.

Dans le second cas, c'est-à-dire lorsque la moelle est isolée sur place, par un tube métallique par exemple, elle peut donner naissance à des productions osseuses. « Il faut à la moelle, pour s'ossifier, un élément dont le périoste peut se passer, c'est l'irritation. »

Enfin, dans une troisième série d'expériences, Ollier prouve que les ossifications intra-médullaires proviennent soit de la moelle irritée, soit de la surface interne de l'os.

De ses expériences sur la moelle, Ollier tire les conclusions générales suivantes :

« I. Dans l'évolution normale de l'os, la moelle ne forme pas du tissu osseux. »

« II. Le développement de la moelle est en raison directe de la résorption du tissu osseux préexistant.

« III. Sa médullisation ou la formation de la

moelle dans le tissu osseux est une phase secondaire de son évolution.

« IV. Par suite de l'irritation de son tissu propre ou du tissu osseux lui-même la moelle s'ossifie ; elle peut même s'ossifier lorsqu'elle est isolée du tissu osseux qui l'entoure.

« V. Les ossifications intra-médullaires ne sont pas dues seulement à l'ossification de la moelle elle-même ; elles proviennent surtout de la surface interne de l'os.

« VI. Dans les cas où la moelle a été détruite et enlevée, le canal médullaire s'oblitére par un bouchon osseux, qui est formé par le bourgeonnement de la surface interne de l'os périphérique.

« VII. Dans les expériences faites à la manière de Troja, il y a d'abord épaissement de l'os, par addition de nouvelles couches à sa surface interne, puis nécrose périphérique comprenant la totalité ou une partie de l'os primitif. Ces expériences ne pouvaient pas permettre d'affirmer l'ossification propre du tissu médullaire, puisque ce tissu n'était pas isolé de l'os, d'où provenaient évidemment et auquel étaient intimement unies les ossifications internes.

« VIII. Nous avons démontré la double origine de ces productions nouvelles, tantôt en isolant la moelle et en la faisant ossifier dans un tube d'argent, tantôt en la détruisant et en ne laissant que la surface interne de l'os comme point de départ possible pour les ossifications internes.

« IX. La possibilité de l'ossification de la moelle ne permet pas de comparer ce tissu à celui du périoste et à plus forte raison d'assimiler ces deux parties constituant de l'os. — Sous le périoste la substance osseuse se forme, dans la cavité médullaire elle se résorbe. Ce n'est qu'accidentellement que la moelle se transforme en os. Il y a donc plus de différences que d'analogies entre ces deux tissus. »

Dans son traité sur la régénération des os, publié quelques années plus tard, Ollier admet la possibilité de l'ossification de la moelle comme évidente, lorsqu'on l'isole dans le canal médullaire. Pour que la transformation de la moelle en tissu osseux se produise, il faut une irritation lente et modérée. Une irritation plus vive amène souvent la suppuration.

« Mais combien, dit-il, cette ossification de la moelle isolée diffère de celle du périoste ! celle-ci est constante, facile à obtenir, dans quelque situation qu'on place le tissu qui doit la fournir ; celle-là, au contraire, présente de grandes difficultés. »

Goujon, dans ses expériences sur la moelle, est arrivé à des résultats positifs. Il aurait même obtenu dans deux cas l'ossification des greffes médullaires transportées d'un animal sur l'autre. Il s'est servi pour ses expériences d'animaux jeunes, de pigeons, de poulets, de lapins. Six fois, sur une trentaine de cas, l'ossification de la moelle osseuse a été obtenue.

Après avoir exposé ses expériences, l'auteur arrive aux conclusions suivantes :

« 1° Le premier, j'ai montré d'une manière incontestable que la moelle des os peut se greffer et donner naissance à des productions osseuses.

« 2° La moelle osseuse produit du tissu osseux par elle-même comme en produit le périoste.

« 3° Le périoste et certains cartilages ne sont donc pas les seuls tissus qui portent avec eux les conditions organiques nécessaires pour la génération de l'os, comme on l'a avancé.

« 4° La greffe médullaire s'obtient facilement, mais ne donne pas toujours naissance à des productions osseuses. On a d'autant plus de chances d'obtenir de l'os, que la moelle est plus jeune et qu'elle a été greffée dans un tissu très vasculaire (les muscles par exemple).

« 5° Les productions osseuses obtenues par la moelle greffée finissent par se résorber, si l'on attend trop longtemps avant d'examiner le produit de la greffe.

« 6° On peut obtenir la reproduction d'une partie d'os réséqué, bien qu'on ait enlevé le périoste.

« 7° La moelle des os est indispensable dans une réparation osseuse ; dans le cal en particulier, elle joue certainement le rôle le plus actif. »

On peut voir par ces conclusions combien Goujon est plus affirmatif qu'Ollier au sujet du pouvoir ostéogène de la moelle.

Baikow, pour élucider la question du rôle de la moelle dans la régénération osseuse, a fait deux séries d'expériences. Dans la première série, il prit la

moelle osseuse du fémur d'un chien et la porta dans la cuisse d'un autre. Dans une seconde série, il transporta la moelle du fémur ou du tibia sous la peau du dos du même individu.

Il fit en tout trente-huit expériences. Dix expériences appartiennent à la première catégorie ; elles ont toutes donné des résultats négatifs. Dans la seconde série, il a obtenu vingt succès sur vingt-huit expériences ; dans quatorze cas notamment, il se forma de l'os, et dans six cas on put constater, vers le sixième jour, après la transplantation de la moelle, des modifications de cette dernière sous la peau.

Huit expériences ne réussirent pas ; dans trois d'entre elles, il ne put trouver aucune trace de la greffe médullaire, bien que la plaie se fut réunie par première intention après la transplantation de la moelle. Dans les cinq autres cas, il se produisit une suppuration assez abondante pour entraîner la moelle osseuse hors de la plaie ; les cinq chiens périrent de pyohémie.

Dans les quatorze expériences heureuses, Baikow obtint des masses osseuses à différents degrés de développement, depuis la première ébauche osseuse, jusqu'au développement complet, avec canaux de Havers, lamelles osseuses concentriques, corpuscules étoilés, etc., etc.

Les différents degrés de développement osseux dépendaient du temps que la moelle était restée sous la peau. Les expériences se prolongèrent quelquefois jusqu'au soixante-seizième jour. Dans un cas où l'animal fut sacrifié le soixante-unième jour, Baikow

obtient, avec un os parfaitement développé, de la substance cartilagineuse.

Baikow se pose ensuite la question suivante : Comment l'os se forme-t-il ? Provient-il directement de la moelle osseuse, ou se développe-t-il de quelque autre façon ? Après avoir fait, dit-il, une multitude de préparations sur des greffes prises à différentes époques après la transplantation de la moelle, il acquit la certitude que la moelle osseuse passe d'abord à l'état de tissu conjonctif, d'où, plus tard, par prolifération des éléments cellulaires de ce dernier, il se forme de l'os ou du cartilage.

Dans la majorité des cas, les cellules de tissu conjonctif nouvellement formées passeraient immédiatement à l'état de corpuscules osseux ; quelquefois seulement il se formerait d'abord des cellules cartilagineuses, entourées d'une substance fondamentale interstitielle filamenteuse.

Quant à la transformation directe de la moelle en cartilage, Baikow, s'appuyant sur quelques préparations microscopiques, croit pouvoir admettre sa possibilité, mais il n'aurait pas obtenu de préparation suffisamment convaincantes.

Baikow est donc nettement en faveur du pouvoir ostéogène de la moelle.

Maas, au contraire, nie la possibilité de l'ossification de la moelle osseuse. Les cellules seules, dit-il, qui proviennent du cartilage épiphysaire, nourries abondamment par le sang des artères médullaires, servent à l'accroissement en longueur de l'os ; mais sur la paroi interne de la cavité médullaire, il n'y a

pas de formation osseuse. Après la destruction du cartilage épiphysaire, la moelle, qui subsiste intacte, nullement altérée, n'est pas en état de prendre la puissance ostéogène du cartilage épiphysaire détruit.

Il fit un grand nombre de transplantations de moelle osseuse sous la peau, dans la cavité abdominale, entre les muscles des différents animaux en expériences. Dans le plus grand nombre des cas, la moelle se résorba complètement et l'on put à peine reconnaître la place où la petite opération avait été faite. Chez les lapins, il trouva de temps en temps une substance granuleuse, friable, caséeuse, mais aucune trace de néoformation osseuse.

Il ajoute un peu plus loin : que le tissu médullaire, sous l'influence d'une excitation nerveuse, puisse s'ossifier, la chose est vraisemblable, *à priori*, au même titre que l'ossification du tissu musculaire et d'autres tissus encore, comme cela a été prouvé par des observations authentiques. Du reste, dit-il, dans la discussion survenue à l'Académie, au sujet des expériences de Goujon, Bouley et Vulpian firent ressortir que de temps à autre, chez les animaux, sans excitation que l'on puisse prouver, l'ossification des muscles s'observe.

Mais, par l'irritation expérimentale, Maas n'obtint jamais l'ossification de la moelle ; constamment, il s'agissait de la prolifération à l'intérieur de l'os d'une masse osseuse produite par le périoste.

L'expérience citée par Ollier comme démonstrative, il la considère comme sans valeur au point de

vue de l'ossification propre de la moelle. Voici le résumé de cette expérience : l'avant-bras d'un lapin ayant été amputé, Ollier introduisit dans le canal médullaire de chacun des os, radius et cubitus, un tube métallique formé par une lamelle d'argent roulée sur elle-même. Un mois après, il amputa pour disséquer la pièce et il constata une belle ossification de la moelle qui avait été introduite dans le tube, mais sur le radius seulement ; celle du cubitus avait suppuré et se trouvait détruite en partie.

Maas objecte à Ollier que le périoste est entré en rapport avec la moelle qui proliférait dans le cylindre, que la formation osseuse est d'origine périostale.

Dans ses expériences personnelles, Maas ne procéda pas habituellement comme Ollier. Après avoir rendu le membre exsangue par la méthode d'Es-march, il enlevait le périoste dans une petite étendue sur le milieu de la diaphyse, puis avec la gouge et les cisailles, il réséquait une petite portion de la paroi osseuse. Par cette ouverture, il réduisait en détritüs la moelle dans toutes les directions, à l'aide d'une tige métallique, et il injectait de l'eau phéniquée dans la cavité médullaire, jusqu'à ce que tous les débris de la moelle fussent emportés.

Maas fit ainsi un grand nombre d'expériences et obtint des résultats variables. Quelquefois la moelle se reproduisit au bout d'un temps relativement court ; dans d'autres cas, la cavité médullaire se remplit de substance osseuse, tantôt au point seul de l'opération, dans une petite étendue, tantôt dans toute l'étendue du canal médullaire. Mais, ajoute-t-il plus

loin, les rapports visibles à l'œil nu, aussi bien que les recherches microscopiques, démontrent que dans les ossifications intra-médullaires, survenues après la destruction de la moelle, il s'agit toujours de formations osseuses d'origine périostale, qui ont pénétré dans le canal osseux par l'ouverture faite pour la destruction de la moelle.

Du reste, les expériences qu'il a faites sur des poulets jeunes, lui auraient donné des résultats confirmant entièrement sa manière de voir. S'il fermait l'ouverture faite à la diaphyse par une plaque de platine enfoncée profondément sous les couches du périoste, et s'il l'assujettissait solidement avec des fils métalliques, il trouvait, après une obturation complète, la cavité médullaire vide dans les premiers temps et, plus tard, remplie seulement avec de la moelle osseuse. Laissait-il ouvert l'orifice de la résection, la cavité médullaire était comblée par une reproduction osseuse plus ou moins étendue, dont la continuité était évidente avec les assises périostales de nouvelle formation.

Dans une de ses expériences, voici ce qu'il trouve à l'examen microscopique. Sur une coupe transversale de l'os, on voit la substance osseuse ancienne environnée de tous côtés, soit par des masses osseuses spongieuses nouvellement formées, soit par des portions encore cartilagineuses, dont elle est séparée aussi bien du côté du périoste que du côté de la cavité médullaire, par une ligne bien tranchée. Nulle part, on ne voit de rapport entre les vaisseaux de l'os ancien et ceux de l'os nouveau. Sur les coupes,

passant juste au point où la paroi osseuse a été réséquée, on voit la prolifération des masses périostales dans la cavité médullaire. Au centre de la masse osseuse intra-médullaire, on trouve déjà un commencement de résorption et la formation d'une nouvelle cavité médullaire.

Maas répéta souvent ses expériences sur des animaux d'âges différents, et obtint constamment le même résultat, c'est-à-dire l'ossification intra-médullaire, s'il ne fermait pas l'ouverture faite par la résection, une moelle de nouvelle formation dans le cas contraire.

Bidder, quelque temps après Maas, entreprit des expériences sur le pouvoir ostéogène de la moelle. Il ne pénétra pas, comme ce dernier, dans la cavité médullaire en enlevant une portion de la diaphyse, il ouvrit l'articulation, perfora le cartilage articulaire et put étudier ainsi ce que devenait la moelle, après l'irritation expérimentale.

Il fit treize expériences et n'obtint jamais de néoformation osseuse dans le canal médullaire ; une seule fois, sur le tibia d'un jeune lapin, il se fit une plaque osseuse, aux dépens de la moelle des alvéoles du tissu spongieux.

Il termine son travail par les conclusions suivantes, dont nous empruntons la traduction à M. Vincent :

1° Le périoste qui a le pouvoir de produire de l'os à tout âge, quand sa couche ostéogène a été bien conservée, arrive tout au plus à la limite des épiphyses et ne peut, durant la vie extra-utérine, avoir

aucune part à la formation endostale ou endochondrale du tissu osseux.

2° La moelle ni le tissu des épiphyses ne possèdent, chez les animaux adultes, la propriété d'engendrer de la nouvelle substance osseuse.

3° Par conséquent, les solutions de continuité ou les déficits qui surviennent chez les animaux adultes, sur le territoire de la substance osseuse endochondrale, ne peuvent être réparées par du tissu osseux de formation propre ; il ne s'y reproduit que de la moelle et du tissu conjonctif.

4° Chez les animaux qui sont sur le point d'être adultes, ou qui ne le sont que depuis peu, les lésions de l'épiphyse sont suivies d'une légère néoformation d'os ; la quantité en est un peu plus grande lorsqu'on détermine une irritation forte ou persistante, par exemple en enfonçant et en laissant séjourner une tige d'os. Mais par ce moyen, on n'obtiendra pas d'ossification dans la cavité médullaire proprement dite.

5° Chez les animaux jeunes, en voie de croissance, la reproduction osseuse est plus intense dans l'épiphyse et peut être considérable même dans la cavité médullaire, loin du cartilage épiphysaire, lorsque le tissu est irrité par l'introduction de tiges d'os ou l'injection d'acide lactique.

6° La raison de ces phénomènes gît dans ce fait, que la substance ostéogène du périoste ne recouvre pas les épiphyses, et qu'après l'achèvement de la croissance, elle disparaît même au sein de la moelle

et de l'épiphyse et, qu'en outre, elle ne peut plus s'y reformer.

Bidder arrive donc à cette conclusion, que chez les animaux adultes la moelle est inapte à s'ossifier, et que chez les animaux jeunes elle possède un très faible pouvoir ostéogène au niveau des épiphyses et du tissu spongieux des diaphyses.

Paul Bruns fit sans succès des transplantations médullaires d'un animal sur l'autre, soixante fois chez des lapins et des poulets, six fois chez des chiens. Dans le plus grand nombre des cas, lorsqu'on examina, au bout de trois à six semaines, la moelle transplantée était résorbée et il ne restait plus que quelques débris, de temps à autre la moelle disparut par suppuration de la plaie.

Il entreprit ensuite des transplantations sur le même animal et obtint douze succès sur dix-neuf expériences. Après un séjour suffisamment long sous la peau, il se formait une masse osseuse d'un à deux centimètres de longueur sur un centimètre de largeur, qui correspondait approximativement à la moitié du volume du cylindre médullaire transplanté.

Des sept expériences malheureuses, trois échouèrent par suppuration de la plaie, quatre par simple résorption de la moelle.

Les animaux qui servirent aux expériences de Bruns étaient de jeunes chiens à la période de croissance, ou déjà à l'état adulte. La moelle montrait donc tantôt la forme pure de la moelle rouge ; tantôt cette moelle avait, notamment au centre, l'aspect

manifestement jaune, et, par conséquent, subissait déjà la transformation en moelle jaune ou grasseuse.

Bruns exécutait son opération de la façon suivante : il faisait d'abord une résection sous-périostée de la diaphyse du fémur ou du tibia, et alors, sur une longueur de deux à trois centimètres, il extrayait une portion de cylindre médullaire, intacte autant que possible et d'une seule pièce. Le cylindre médullaire qu'il venait d'enlever était greffé aussitôt dans une incision cutanée qu'il venait de faire à la poitrine ou au dos du même animal. Il fixait la moelle ou bien dans le tissu graisseux sous-cutané ou bien dans les couches musculaires superficielles ; enfin, la plaie était suturée d'une façon exacte.

L'examen microscopique lui aurait donné les résultats suivants : pendant les dix à douze premiers jours a lieu une abondante prolifération de jeunes cellules fusiformes, qui viennent de la périphérie et avancent de plus en plus vers le centre du cylindre médullaire et prennent la place des éléments de la moelle. Du douzième au quatorzième jour, il se forme à la périphérie, et le plus souvent en certain nombre, des foyers isolés, qui se composent soit de tissu ostéoïde, soit de substance osseuse de nouvelle formation, soit enfin de cartilage. La nouvelle ossification a lieu, par conséquent, aussi bien d'après le type de l'ossification directe par substance ostéoïde, que d'après le type de l'ossification indirecte, c'est-à-dire en passant par un stade cartilagineux intermédiaire.

D'après Bruns, le premier mode paraît prévaloir ;

pourtant, on trouve toujours dans le voisinage des foyers d'ossification du tissu cartilagineux plus ou moins abondant qui se colore avec l'hématoxyline, reste toujours incolore avec le carmin. Ce cartilage possède en grande partie les caractères du cartilage hyalin, contient beaucoup de cellules rondes et ovales et peu de substance fondamentale ; à la périphérie, les cellules cartilagineuses perdent leur forme ronde, deviennent longues, fusiformes, et sont placées dans une substance fondamentale filamenteuse.

Après vingt-deux à vingt-quatre jours, rarement plus tard, les foyers séparés d'ossification se fondent en une seule pièce osseuse, constituée à la coupe par une substance spongieuse épaisse avec une écorce mince à surface lisse et régulière.

L'os présente tous les caractères du véritable tissu osseux : des corpuscules osseux à prolongements multiples, des lamelles concentriques, des espaces vasculaires et médullaires nombreux, qui sont tapissés d'osteoblastes. En même temps, on trouve dans une multitude de points une grande quantité de cellules géantes, souvent de grosseur énorme : ce qui démontre que là aussi, comme dans l'ossification normale, l'apposition et la résorption marchent parallèlement.

Comme le nombre des cellules géantes s'accroît d'autant plus que la parcelle osseuse est restée plus longtemps sous la peau, il est démontré par suite que l'os de formation récente se résorbe de nouveau petit à petit.

D'après le résultat de ses expériences, Bruns con-

clut que la moelle osseuse, séparée complètement de ses rapports avec l'os, et transplantée chez le même animal sous la peau d'une partie du corps plus ou moins éloignée, forme du cartilage et de l'os. Cette conclusion serait vraie, non seulement pour les animaux en voie de croissance, mais même pour les individus adultes dont la moelle est déjà grasseuse. Cette dernière retrouverait, par une excitation inflammatoire, sa propriété ostéogène. Ceci concorde avec cette observation que, si la moelle grasseuse est entraînée dans un processus inflammatoire, elle reprend de nouveau l'aspect et la composition de la moelle rouge embryonnaire.

Enfin, Bruns dit, en terminant : Comme des dix-neuf ou plutôt — en faisant abstraction des expériences ayant échoué par suppuration — des seize expériences faites dans les mêmes conditions, douze ont été suivies de succès, l'ossification de la moelle ne peut plus être considérée comme un fait exceptionnel, fortuit. On est certainement autorisé à accorder à la moelle la propriété ostéogène, et c'est avec d'autant plus de raison, que les conditions dans lesquelles cette propriété se conserve sont très défavorables ; car elle ne peut être enlevée sans lésion de la cavité médullaire, et, de plus, elle est privée de ses rapports vasculaires et elle doit se greffer dans une plaie fraîche.

M. Vincent, alors qu'il était chargé du cours de physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon, entreprit de nouvelles expériences sur le pouvoir ostéogène de la moelle. Il a eu surtout pour but de

contrôler les expériences négatives de Maas et de Bidder.

Dans l'article qu'il doit publier sur cette question, dans la *Revue de Chirurgie*, il établit cinq séries d'expériences.

I^{re} série. — Répétition des expériences de Maas.

II^e série. — Répétition des expériences de Bidder. Expériences nouvelles sur des chiens.

III^e série. — Isolement de la moelle dans des tubes métalliques. Expériences d'Ollier. Expériences nouvelles.

IV^e série. — Ablation du périoste et enveloppement de la diaphyse par une bande de toile.

V^e série. — Greffes médullaires.

Nous n'analyserons pas les expériences de cet auteur, nous les publions *in-extenso* dans la partie expérimentale de notre thèse. Nous nous bornerons à faire connaître les conclusions auxquelles il arrive :

« Puisque, dit-il, la greffe médullaire fournit des ossifications, comme on vient de le voir, la démonstration des propriétés ostéogéniques de la moelle est donc complète. Mais si l'ossifiabilité d'une greffe médullaire est désormais indéniable, nous devons à la vérité de dire, et, en cela, nous différons des auteurs précités et particulièrement de Bruns, à savoir : que les résultats négatifs l'emportent de beaucoup sur les résultats positifs. M. Ollier, qui avait cru que l'ossification de la moelle ne s'obtient

jamais par la transplantation a dit, plus tard, à propos des expériences de Goujon : « Nous avons considéré, du reste, la moelle comme le tissu propre après le périoste, à s'ossifier sur place, et le résultat de l'expérience de Goujon ne fait que démontrer plus directement ses propriétés ostéogéniques. Nos expériences nous font penser seulement que cette ossification est très peu stable. Elle ne peut être comparée par sa fréquence et sa quantité à celle que produit un lambeau périostique d'égale dimension. »

« Nous croyons pour notre part, continue M. Vincent, que la comparaison est possible.

« Le pouvoir ossifiant de la moelle est de nouveau démontré. Dans les expériences qui précèdent, la moelle isolée du périoste ou transplantée a fourni des ossifications vraies ; elle a donc aussi le pouvoir ostéogène. La question nous paraît jugée maintenant ; nous terminerons ce travail par les considérations générales suivantes :

« Si le tissu osseux fait de l'os, si la moelle fait de l'os, si le périoste fait de l'os, toutes les parties de l'os font de l'os, et par suite le pouvoir ostéogène n'est pas une propriété appartenant exclusivement à l'un des trois éléments constitutifs de l'os.

« Cette solidarité fonctionnelle ne peut s'expliquer qu'à l'aide d'un facteur commun. Or, ce facteur ou élément commun, quel peut-il être, sinon l'ostéoblaste, la cellule embryonnaire, la médullocelle ? Les ostéoblastes abondent dans la couche ostéogène du périoste ; ils existent en grand nombre dans la moelle jeune, en quantité moindre dans les canaux de

Havers du tissu osseux de la substance compacte et les aréoles de la substance spongieuse. Le pouvoir ostéogène relatif des trois parties constituant de l'os est proportionnel à leur richesse cellulaire ostéoblastique. N'est-ce pas le périoste qui a le plus d'ostéoblastes et qui est l'agent par excellence de l'ossification? En seconde ligne la moelle; l'os vient au dernier rang.

« Lorsqu'on a détruit la moelle dans le canal central des os longs, ce canal ne tarde pas à s'emplir d'une moelle nouvelle, laquelle s'ossifie bientôt sous l'influence de l'irritation traumatique. D'où vient cette moelle nouvelle? Elle ne peut venir que des canaux de Havers par la prolifération des éléments cellulaires qui sont renfermés. Si ces éléments cellulaires irrités forment de l'os, c'est qu'ils ont, en partie du moins, le pouvoir ostéogène. Cette moelle ossifiable vient des canaux de Havers; car lorsque la paroi se nécrose, il n'y a pas de moelle et pas d'ossification à ce niveau dans le canal central de l'os. Ce fait a été constant dans nos expériences. Lorsqu'on ne détruit pas la moelle et qu'on l'irrite, elle s'ossifie, alors même qu'on l'isole de ses rapports avec le reste de l'os.

« Il est vrai qu'avec la théorie de la migration cellulaire, il ne peut être question d'isolement sans transplantation. L'ostéoblaste incité par l'irritation peut partir de la couche ostéogène du périoste et se porter au point irrité, en traversant les canaux de Havers et en s'insinuant dans les tubes métalliques les mieux fermés à l'extérieur. Mais cette théorie de

la migration nécessaire des ostéoblastes périostiques est fausse ; je n'en veux pour preuve que l'ossification des greffes médullaires. La greffe médullaire est la seule expérience vraiment probante ; je prends de la moelle au centre du canal d'un tibia ou d'un radius que je viens de désarticuler, et je la greffe sur la crête d'un poulet. Cette moelle s'ossifie. On ne peut admettre la migration des ostéoblastes périostiques de l'os, qui est resté sur la table de mon laboratoire.

« J'arrive donc, après le professeur Ranvier, à cette conclusion que le pouvoir ostéogène est une propriété commune à toutes les parties de l'os et qu'elle dérive d'un facteur cellulaire commun des ostéoblastes, dont le nombre varie dans les différentes parties de l'os, et dont l'activité est proportionnelle à l'âge du sujet et au degré d'irritation accidentelle, pathologique ou expérimentale qu'éprouve la totalité ou tel ou tel point d'un os. »

TROISIÈME PARTIE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Dans les expériences que nous allons exposer, nous avons pour but de prouver deux faits : 1° que la moelle peut s'ossifier dans le canal diaphysaire, sans avoir recours aux éléments du périoste ; 2° que la moelle greffée loin de l'os peut donner naissance à des productions osseuses.

EXPÉRIENCES TENDANT A DÉMONTRER QUE LA MOELLE PEUT S'OSSIFIER DANS LE CANAL MÉDULLAIRE

EXPÉRIENCE I (due à M. VINCENT).

Perforation du tibia ; destruction de la moelle ; obturation à l'aide d'une plaque de platine ; ossifications périostiques et médullaires abondantes.

3 août 1880. — Poulet jeune. Sur le milieu du tibia gauche, perforation au scalpel, sur une étendue de dix millimètres

en longueur et un millimètre en largeur. Broiement de la moelle, lavage forcé du canal médullaire avec eau phéniquée. Le périoste avait été soigneusement décollé au préalable. Apposition sur le trou d'une plaque de platine à encoches, qu'on serre au moyen d'anneaux en fil de fer recuit.

18 août. — Le poulet est tué. Sur la jambe, la plaque et les fils sont bien en place. Pendant la section de l'os à la scie, la plaque et les fils ont été divisés par cet instrument, mais le tibia s'est fracturé.

Il y a à ce niveau, une nécrose totale de la diaphyse. Dans l'intérieur du canal médullaire, il existe des ossifications nouvelles abondantes, qui le comblent entièrement sur une longueur de deux centimètres au-dessus et au niveau de la plaque ; au-dessous, les ossifications ne remplissent qu'à demi la cavité médullaire. Aux deux extrémités de celle-ci, les ossifications font défaut. Les productions osseuses nouvelles sont très riches sous le périoste ; elles manquent sur une étendue correspondante à la surface de la plaque obturatrice.

On voit donc que, contrairement à l'assertion de M. Maas, même chez le poulet, la plaque de platine n'empêche pas la moelle de s'ossifier dans le canal médullaire lorsqu'on irrite l'os.

EXPÉRIENCE II (due à M. VINCENT).

Double perforation du canal médullaire, extirpation de la moelle ; occlusion au moyen de plaques de platine. Nécrose totale au niveau des trous et des plaques ; ossifications intra-médullaires et sous-périostiques abondantes. Régime garancé ; section du sciatique correspondant ; action de diverses injections intra-veineuses.

12 juin. — Jeune chien. Nous avons essayé vainement de l'empoisonner en lui injectant de grandes quantités de bromure de potassium dans la veine fémorale.

14 juin. — Perforation du tibia : 1° en haut, à deux travers de doigt au-dessous de la tubérosité antérieure ; 2° en bas, à un travers de doigt au-dessus de l'articulation tibio-tarsienne.

Destruction de la moelle entre les deux trous avec une tringle de fer ; lavage du canal avec un courant d'eau phéniquée.

Sur les deux trous, après avoir décollé le périoste au pourtour, sur une grande étendue, nous appliquons une large plaque de platine, à laquelle des encoches ont été pratiquées pour loger les fils de fer qui nous servent à la fixer très étroitement.

A dater du jour de l'opération, l'animal est mis au régime de la garance. Cette substance, mélangée aux aliments, donne aux tissus osseux de récente formation une teinte rosée qui permet de la différencier du tissu osseux ancien. Tous les animaux qui m'ont servi à l'étude expérimentale de la pathologie des os ont subi le régime garancé, afin de pouvoir déceler toute trace d'ossifications nouvelles.

Dans le but de vérifier l'influence de la suppression de l'action nerveuse sur les processus nutritifs et inflammatoires, j'ai sectionné, à son émergence du bassin, le nerf sciatique correspondant au tibia expérimenté.

24 juin. — Œdème du membre, gonflement du tibia ; animal marche sur la face dorsale de la patte, qui est ulcérée par frottement.

16 juillet. — L'animal est sacrifié physiologiquement. Je m'en suis servi pour expérimenter l'action de l'injection de divers liquides dans les veines. Voici les résultats d'après la succession des injections.

Acide acétique. 30 gouttes injectées dans la veine fémorale n'ont pas amené la mort au bout d'une heure, ni déterminé aucun symptôme l'annonçant.

Acide phénique. Cinq gouttes dans la veine humérale gauche, provoquent instantanément un tremblement général ; mais, au bout d'un quart d'heure, le chien paraît remis. Quel-

ques jours auparavant, j'avais vu succomber, comme foudroyé, un chien à la suite d'une injection de pareille quantité. Le chien dont il s'agit maintenant résista encore à une injection de quinze gouttes d'acide phénique dans les veines. Ce fait prouve la différence de résistance des sujets au même agent toxique.

Perchlorure de fer. Cinq gouttes dans la veine humérale droite. Mort instantanée.

L'examen des veines qui ont reçu l'acide acétique montre un caillot mou, du point d'injection jusqu'à la veine cave. Les veines qui ont reçu l'acide phénique n'offrent pas de caillots ; l'acide phénique paraît tuer comme un poison nerveux et non pas comme emboligène.

Les veines qui ont reçu le perchlorure de fer sont remplies d'un caillot dur, comme du boudin sec, jusqu'au cœur ; le cœur est lui-même plein de caillots.

En ce qui regarde le nerf sciatique, je ferai remarquer que je ne l'ai pas trouvé soudé après plus d'un mois ; les deux bouts étaient distants de deux à trois centimètres l'un de l'autre.

Et cependant, les processus vitaux n'ont pas été ralentis dans le membre opéré comme on va le voir.

Examen du tibia. — Au niveau des trous, nécrose beaucoup plus étendue que la largeur des plaques et comprenant toute l'épaisseur de la paroi. Les séquestres sont mobiles. Belle coque d'ossification périostique sur toute la longueur du tibia.

La section longitudinale de cet os montre des productions osseuses nouvelles plein le canal médullaire, excepté au niveau des trous et des plaques obturantes, où la paroi s'est entièrement nécrosée. Au moment de l'autopsie, nous n'avons pas retrouvé la plaque inférieure ; mais on l'avait vue en place.

Le vingt-quatre juin, c'est-à-dire douze jours après l'opération, la plaque supérieure était mobile. Ces détails consignés par esprit d'exactitude n'infirmen en rien les conclusions

à tirer de l'expérience contre l'assertion de Maas; car les plaques sont restées assez longtemps bien fixées d'une part, et, d'autre part, il y a eu nécrose à leur niveau, et les productions osseuses n'ont manqué dans le canal médullaire qu'au niveau des trous, c'est-à-dire dans les seuls points où il aurait dû s'en montrer, si les éléments ostéogènes devaient, comme le prétend Maas, venir du périoste par ces trous.

Toutes les nouvelles ossifications sont magnifiquement colorées en rose par la garance. Cela permet de voir qu'elles ont dépassé le canal médullaire pour s'étendre jusqu'aux couches juxta-épiphysaires.

Nous verrons dans les observations suivantes les animaux adultes nous donner les mêmes résultats, malgré le dire contraire de Bidder de Mannheim.

EXPÉRIENCE III (due à M. VINCENT).

Perforation du canal médullaire; extraction de la moelle; occlusion au moyen d'une plaque de platine; nécrose diaphysaire totale au niveau de la plaque; ossifications médullaires et périostiques abondantes. Régime garancé. Injection intra-veineuse d'acide phénique; mort instantanée.

22 juillet 1880. — Chien adulte de forte taille. Au moyen du foret et du ciseau, on fait sur la face interne du tibia un trou de quinze millimètres de long sur trois de large. Curage du canal médullaire et lavage abondant à l'eau phéniquée. Décollement du périoste au pourtour du trou avec la rugine.

Obturation de l'orifice à l'aide d'une large plaque de platine, aux quatre coins de laquelle un trou a été pratiqué pour le passage du fil de fer destiné à la serrer contre l'os, afin de prévenir sa chute et d'assurer mieux l'oblitération, et par là même, d'empêcher mieux l'invasion des subtiles ostéoblastes. Dans le même but, nous plaçons encore par-dessus la plaque

deux anneaux de fil de fer galvanisé, dont les chefs sont vigoureusement tordus.

L'instrument le plus commode pour enrouler le fil métallique autour du tibia, est l'aiguille de Déchamp. Le périoste décollé très loin a été ramené par dessus la plaque, puis la peau a été suturée.

Régime garancé.

23 août. — L'animal est sacrifié. Continuant mes recherches sur l'action de l'acide phénique injecté dans les veines, j'ai injecté dans la veine fémorale de ce chien, une demi-seringue Pravaz d'acide phénique pur. Aussitôt, l'animal a été pris de tremblement général, et en 30 secondes il a succombé.

Autopsie. — Nécrose diaphysaire totale au niveau de la plaque et bien au delà, le périoste qui avait été rabattu sur les bords de la plaque, s'est mortifié, tandis qu'il a abondamment proliféré au-dessus et au-dessous, de telle sorte qu'on aperçoit la plaque au fond d'une excavation dont les parois sont formées par des masses sous-périostiques d'os nouveau.

A la coupe longitudinale du tibia, on constate la présence d'ossifications médullaires dans tout le canal, excepté sur une étendue de vingt millimètres au niveau du trou, c'est-à-dire au niveau de la portion de la diaphyse nécrosée. Les ossifications médullaires et périostiques sont admirablement colorées par la garance. La scie a coupé la plaque de platine et les fils de fer sans les arracher, une partie est ensevelie au milieu des masses osseuses nouvelles fournies par le périoste. L'obturation était complète et s'était maintenue jusqu'au bout, et néanmoins, nous avons de l'os plein le canal médullaire, malgré l'assertion contraire de Maas, et cela chez un chien adulte, quoique Bidder pense que les animaux adultes ne soient pas en état de fournir des ossifications médullaires.

EXPÉRIENCE IV (due à M. VINCENT)

Perforation des deux tibias ; à droite, destruction de la moelle et occlusion avec une plaque de platine ; ossifications très abondantes dans le canal médullaire et sous le périoste, pas de nécrose ; à gauche, pas de destruction de la moelle, pas d'occlusion ; ossifications pauvres et rares dans le canal médullaire. Régime garancé. Injection d'alcool à 93° dans les veines.

29 juillet 1880. — Chienboule dogue adulte. Chloralisation sous-cutanée comme dans toutes nos expériences de ce genre. Jambe droite : perforation du tibia, broiement de la moelle, lavage phéniqué du canal médullaire ; obturation avec une plaque de platine, comme dans les expériences précédentes.

Jambe gauche : simple perforation du tibia, la moelle n'a pas été touchée, elle a été laissée intacte. On ne met pas de plaque sur le trou, dans le but de vérifier si, comme dit Maas, il y a des ossifications dans le canal médullaire quand on laisse la perforation non close et s'il n'y en a pas lorsqu'on la bouche avec une plaque obturatrice. Greffe de moelle sous la peau du ventre. Régime garancé.

14 août. — J'ai cueilli le produit de la greffe médullaire. Il consistait en trois petits kystes séreux et un grain d'os.

25 août. — Animal sacrifié en injectant de l'alcool à 93° dans la veine fémorale.

Examen du tibia gauche (pas de plaque) : les ossifications médullaires y sont très pauvres, tandis que sur le tibia droit elles remplissent entièrement le canal médullaire. Les ossifications périostiques sont énormes sur toute la longueur de l'os ; elles ne font défaut qu'au niveau de la plaque. Celle-ci est très adhérente à l'os auquel elle est fixée par trois anneaux de fil de fer très serrés. Chose exceptionnelle, il n'y a pas eu de nécrose de la substance compacte sous la plaque. Les ossifications nouvelles ont une belle teinte garance.

EXPÉRIENCE V (due à M. VINCENT)

Perforation de deux tibias : à droite, moelle laissée intacte, plaque de platine. Nécrose diaphysaire totale au niveau de la plaque ; ossifications abondantes dans le canal médullaire et sous le périoste ; à gauche : moelle laissée intacte, pas de plaque ; absence d'ossifications périostiques, bouchon d'os nouveau au niveau du trou dans le canal médullaire. Régime garancé. Injection intra veineuse d'acide phosphorique.

29 juillet 1880. — Boule-basset, adulte. Chloralisation sous-cutanée, jambe droite ; perforation du tibia. La moelle n'a par été enlevée. Obturation avec plaque de platine.

Jambe gauche : même opération, mais pas de plaque.

27 août. — Sacrifié par injection intra-veineuse d'acide phosphorique. En l'espace d'une heure, j'ai injecté dans la veine fémorale dix pleines seringues Pravaz, soit environ dix grammes d'acide phosphorique. Les injections étaient suivies de grandes inspirations anxieuses. La respiration s'est arrêtée avant les battements de cœur. Dans les veines injectées, le sang était noir.

Examen des tibias. — A droite, la plaque et les fils sont en place ; nécrose totale de la diaphyse à leur niveau. A la coupe longitudinale, on trouve des ossifications médullaires plein le canal, excepté à la hauteur de la nécrose et de la plaque. Les ossifications périostiques sont également très abondantes.

Tibia gauche : le trou est bouché par l'os nouveau et le canal médullaire contient également des ossifications sur une longueur correspondante ; mais au-dessus et au-dessous le canal est absolument vide de productions osseuses. Ces faits sont loin de réaliser les dires de Maas. Nous trouvons des résultats peu d'accord avec les siens.

EXPÉRIENCE VI (due à M. VINCENT).

Ouverture de l'articulation du genou. Ouverture chondro-épiphysaire et pariétale du canal médullaire du tibia Destruction de la moelle. Enfoncement d'un morceau du péroné dans le canal par le trou articulaire. Nécrose autour du trou pariétal qui s'est en partie oblitéré par un bouchon d'ossification médullaire. Ossification intra-médullaire. Action de l'injection veineuse d'atropine sur les chiens et les pigeons.

30 juin 1880. — Petit chien noir très adulte. Chloralisation hypodermique. On ouvre l'articulation du genou en dedans ; section du ligament latéral interne et rotulien. Perforation du cartilage et de l'épiphyse du tibia avec un foret à main, qui est enfoncé jusqu'au canal médullaire. Au milieu de l'os, sur la face interne, je fais un trou par lequel je fais sortir la moelle broyée à l'aide d'un très fort courant d'eau phéniquée.

Avec le péroné bouilli d'un chien, je fais une tige du calibre de la perforation chondro-épiphysaire et je l'enfonce à une profondeur de quatre centimètres. La partie supérieure est coupée au ras du cartilage.

Suture métallique du tendon rotulien et des téguments. Aucune suture sur le milieu du tibia.

23 juillet. — Le chien a arraché toutes les sutures, l'articulation est béante. Suppuration au niveau du trou diaphysaire.

Nous tentons de tuer l'animal par l'atropine. Injection de 5 milligrammes dans la veine fémorale. Au même instant, les pupilles se dilatent à l'extrême et l'animal s'endort.

Au bout de vingt minutes, nous lui injectons encore deux milligrammes. Bientôt il se met à délirer. Ses aboiements et mouvements semblent indiquer qu'il croit remplir ses fonctions de gardien. Puis son sommeil devient doucement plaintif; gueule sèche. Dix heures après, il n'était pas encore mort. On l'achève par la strychnine. Quelques jours avant, nous

avons tué un chien plus gros avec une dose extrêmement faible d'atropine.

Les animaux d'une même espèce sont très différents sous le rapport de leur susceptibilité pour un même agent toxique.

L'examen du tibia sectionné dans le sens de son axe longitudinal nous montre le canal médullaire rempli d'ossifications colorées par la garance. Il y a du pus à l'extrémité supérieure, au niveau du trou diaphysaire; nécrose de la substance corticale en ce point, dont le périoste s'est mortifié. Et cependant, le trou est en partie comblé par un petit bouchon d'os garancé qui est en continuité avec les ossifications intra-médullaires, de telle sorte qu'on dirait que c'est un bourgeon médullaire qui est venu faire hernie par cet orifice et s'y transformer en os. Il y a du pus autour de la fiche d'os qui est en place et n'offre aucune érosion.

EXPÉRIENCE VII (due à M. VINCENT).

Ouverture du genou. Perforation du plateau du tibia. Implantation d'une fiche de bois imprégnée de térébenthine. Ossification intra-médullaire et souspériostique; condensation du tissu spongieux. Réunion immédiate de l'arthrorraphie. Absence de suppuration articulaire.

29 juillet 1880. — Gros chien de chasse adulte. Chloralisation hypodermique. Genou gauche. La peau est rosée. Incision intérieure en arc comme pour la résection du genou. Le bistouri est passé en arrière du ligament rotulien, puis ramené, le tranchant en avant, pour couper ce ligament. On délie la jambe, et fléchissant le genou, on enfonce le foret au travers du cartilage et du tissu spongieux jusqu'au canal médullaire.

Introduction, par ce trou, d'une tige de plusieurs centimètres en bois de sapin trempée dans de l'essence de térébenthine. Suture du ligament et des parties molles. Lavage phéniqué.

29 août. — Amputation de la jambe dans l'article. A la coupe longitudinale du tibia, on voit des ossifications plein le canal médullaire, une condensation par ostéogénèse du tissu spongieux de l'extrémité supérieure; la tige de bois est mobile dans le canal osseux où elle a été implantée; une mince nappe de pus l'entoure. Notons que dans cette expérience, comme dans la plupart des expériences de ce genre, la ténorraphie a parfaitement réussi et que le genou n'a pas suppuré. Un épanchement plastique ne tarde pas à s'étendre sur l'extrémité supérieure du corps étranger, à s'organiser et à séparer le canal qui le contient de la cavité articulaire.

Il y a des ossifications périostiques sur toute la surface de l'extrémité supérieure du tibia. Les nouvelles ossifications sont bien colorées par la garance.

Dans les expériences précédentes, la moelle osseuse a été privée de tout rapport avec le périoste, et cependant elle a pu produire de l'os. Dans les expériences suivantes, elle est isolée, non seulement du périoste, mais encore de la surface interne de l'os, son pouvoir ostéogène n'en est pas moins évident.

EXPÉRIENCE VIII (due à M. VINCENT).

Désarticulation du genou; introduction d'un tube métallique dans le canal médullaire du fémur par un tunnel creusé de la surface articulaire au pôle inférieur du canal. Sa moelle s'est ossifiée dans le tube métallique d'isolement, le canal médullaire s'est rempli d'ossifications et le périoste a proliféré; le tissu spongieux de l'extrémité inférieure du fémur est devenu plus dense.

29 août 1880. — Gros chien de chasse adulte. Chloralisation hypodermique. Désarticulation du genou au fond de la poulie fémorale, perforation avec un foret à main du carti-

lage d'encroûtement et du tissu spongieux, suivant l'axe du fémur jusqu'au canal médullaire.

Implantation par cette voie d'un canon de porte-plume d'écolier, qui mesure sept centimètres et qui est enfoncé tout entier dans le canal médullaire, jusqu'à ce que son extrémité inférieure, fermée comme on voit, vienne effleurer la surface articulaire. Lavage phéniqué de la plaie ; suture du moignon.

20 septembre. — L'animal étant malade, on le tue.

Examen du fémur.— Cet os, scié suivant son grand axe, nous montre des ossifications plein le canal médullaire. Le tube bouché à son extrémité inférieure, laquelle est loin du périoste, est rempli dans plus de son tiers supérieur, c'est-à-dire dans la partie qui plonge dans le canal et qui s'est remplie de moelle au moment de l'introduction ; ce tube, disons-nous, est, lui aussi, rempli de tissu osseux nouveau, formé aux dépens de cette moelle.

EXPÉRIENCE IX (personnelle).

Ouverture du genou. Introduction d'un tube métallique dans le canal médullaire du fémur. Ossification de la moelle.

24 juillet 1884. — Chien adulte de taille moyenne. L'articulation du genou gauche est largement ouverte. On fait saillir au dehors l'extrémité inférieure du fémur comme s'il s'agissait d'une résection. A l'aide d'un vilebrequin il est pratiqué, entre les deux condyles, un tunnel cylindrique se continuant avec la cavité médullaire.

Le canal ainsi formé est lavé abondamment avec l'eau phéniquée, puis on enfonce, d'une profondeur de huit centimètres, un tube métallique fermé à son extrémité inférieure.

Suture de l'articulation.

Le lendemain de l'opération, le chien avait déjà arraché

tous les points de suture et ouvert l'articulation. La plaie fut néanmoins laissée dans cet état et lavée chaque jour avec de l'eau phéniquée.

4 septembre 1884. — L'animal est sacrifié.

La cavité articulaire est remplie incomplètement de tissus nouvellement formés, allant, sous forme de membranes épaisses, d'une surface articulaire à l'autre. Le périoste est considérablement épaissi au niveau de l'extrémité inférieure du fémur. Le canal médullaire est rempli de substance osseuse de nouvelle formation; l'extrémité supérieure du tube est également pleine d'une substance osseuse dense. Les masses osseuses intra-médullaires ont, du reste, le même aspect que les couches périostales qui enveloppent l'extrémité inférieure du fémur.

EXPÉRIENCE X (personnelle).

Ouverture de l'articulation du genou. Introduction d'un tube métallique dans le canal médullaire. Ossification de la moelle.

24 juillet 1884. — Chien de chasse adulte. L'articulation du genou est largement ouverte. Entre les deux condyles du fémur, on crée un tunnel osseux qui se continue avec le canal médullaire. Lavage à l'intérieur avec de l'eau phéniquée. Il est ensuite introduit un tube métallique de huit centimètres fermé à son extrémité inférieure. Le tube est enfoncé de toute sa longueur.

Le lendemain, l'animal avait arraché les points de suture; ce qui n'empêche pas la cicatrisation de se faire rapidement après une suppuration de quelques jours.

4 septembre 1884. — L'animal est sacrifié. Comme dans l'expérience précédente, l'extrémité inférieure du fémur est considérablement épaissie par les couches osseuses périostales de nouvelle formation. Le canal médullaire est rempli par l'ossification de la moelle, et à l'intérieur du tube se

trouve de la substance osseuse, spongieuse, parfaitement nette.

Dans l'expérience suivante, la moelle isolée du périoste, et entourée par une diaphyse nécrosée, s'est cependant ossifiée dans toute son étendue.

EXPÉRIENCE XI (due à M. VINCENT).

Dénudation périostique de toute la diaphyse du tibia ; enveloppement de cette diaphyse avec une bande de toile. Nécrose de cette diaphyse. Ossification intra-médullaire.

14 août 1880. — Chien loulou adulte. Chloralisation hypodermique. Jambe droite : incision du genou à l'articulation tibio-tarsienne, sur la face interne du tibia ; section de l'aponévrose, détachement des muscles qui entourent l'os ; raclage à la rugine de tout le revêtement périostique et lavage abondant à l'eau phéniquée. Enveloppement du tibia avec une bande de toile ; suture.

26 août. — Enlèvement du chiffon ; lavage de la plaie qui est ouverte et laisse voir le tibia entièrement à découvert.

9 septembre. — Animal meurt de suppuration. La section longitudinale du tibia nous montre le canal médullaire tapissé d'ossifications, qui, en plusieurs points, en oblitèrent complètement la lumière. L'os est nécrosé. Il y a à sa surface, entre l'épiphyse et la diaphyse, un sillon de séparation du vif avec le mort.

**EXPÉRIENCES TENDANT A DÉMONTRER QUE LA MOELLE PEUT S'OSSIFIER
EN DEHORS DU CANAL MÉDULLAIRE**

EXPÉRIENCE XII (due à M. VINCENT).

Transplantation de la moelle du tibia d'un poulet dans la crête du même animal. Très belle ossification de cette moelle. La moelle possède donc en elle-même le pouvoir de produire de l'os.

3 août 1880. — Poulet jeune. Greffe d'un lambeau du périoste du tibia sur la moitié droite de la crête. Greffe de la moelle du même os sur la moitié gauche de la crête.

16 août 1880. — Ablation de la crête. La greffe périostique s'est résorbée. La greffe médullaire a pris. Elle a produit un os environ moitié moins gros que le fragment de moelle transplantée. Cet os nouveau fourni par la moelle du tibia transplantée dans la crête du poulet, mesure trois millimètres de long sur un de large. Il est composé de tissu spongieux. Une coupe, examinée au microscope, permet de voir de très belles cellules osseuses.

« Voilà, ajoute M. Vincent, de l'os nouveau qui s'est bien formé sans le concours insidieux du périoste; nous sommes absolument sûrs de n'avoir pas confondu la greffe médullaire avec la greffe périostique. Néanmoins, la crainte de cette objection, dont nous sentions tout le poids, nous a empêché, durant trois ans, de publier ce fait et le présent mémoire (*Archives de chirurgie*, 1884) (1), avant que nous ayons eu le loisir de reprendre à nouveau toutes nos expériences et spécialement celle des greffes, à l'occasion de la thèse inaugurale de M. Hyvernât. Voici entre autres un nouveau fait positif d'ossification médullaire de la crête d'un coq. La pièce a été présentée à la Société nationale de Médecine de Lyon, le 11 août 1884. »

(1) Ce mémoire n'a pas encore paru.

EXPÉRIENCES XIII et XIV (dues à M. VINCENT)

Ossification et chondrification de moelle transplantée dans la crête de poulets.

25 juillet 1884. — Sur deux poulets jeunes, nous pratiquons la résection sous-périostée de la diaphyse de l'un des radius et, faisant éclater l'os en coupant les parois du canal médullaire avec des ciseaux, nous en extrayons délicatement un cylindre de moelle rouge. La crête des poulets ayant été préalablement fendue dans le sens antéro-postérieur, nous y logeons au fond de la tranchée saignante, le cylindre de moelle, en ayant soin de ne pas l'écraser, puis nous l'y fixons à l'aide d'une suture très soignée.

Le 9 août, soit au bout de quatorze jours, nous enlevons la crête de l'un des poulets. Nous y trouvons un noyau dur de la grosseur d'un noyau de cerise et représentant, ossifiée, à peu près la moitié du volume de la moelle greffée.

M. Vincent ajoute : cet os hétérotopique ne se laisse pas traverser par une épingle d'acier ; c'est du tissu osseux spongieux de consistance très grande. Son caractère osseux a été vérifié par plusieurs, tant au point de vue macroscopique qu'au point de vue microscopique.

Le 11 août, soit au bout de seize jours, la crête a été enlevée à l'autre poulet, greffé le même jour que le précédent. Le noyau est plus volumineux que chez le premier poulet, mais il n'a pas la consistance de dureté osseuse, il se laisse traverser par l'épingle. Le microscope nous confirme que ce n'est que du tissu cartilagineux fibroïde.

Les expériences précédentes prouvent d'une façon évidente que la moelle peut se transformer en os. Qu'elle soit irritée dans le canal médullaire lui-même, isolée de la surface interne de l'os, ou trans-

portée loin de son siège habituel, son pouvoir ostéogène se révèle, mais non pas toujours. Combien, en effet, d'expériences malheureuses avant d'en obtenir une véritablement positive ? La chose est vraie, surtout lorsqu'il s'agit de greffes médullaires. Aussi, au point de vue de la régénération osseuse, croyons-nous devoir la placer après le périoste.

Il nous resterait maintenant à étudier l'importance du pouvoir ostéogène de la moelle, au point de vue pathologique, mais ce serait quitter le terrain de la physiologie et nous égarer dans des questions qui dépassent nos forces. Nous nous bornerons à rappeler, après beaucoup d'auteurs, que le cal interne, dans les fractures, doit être considéré comme provenant de la moelle, puisqu'il est démontré que celle-ci peut se transformer en os. De même aussi, on ne doit pas désespérer de la régénération osseuse, après la nécrose d'une portion plus ou moins considérable d'une diaphyse et de son périoste, puisque la moelle peut, à la rigueur, suppléer celui-ci.

Nous terminerons par les conclusions suivantes :

CONCLUSIONS

1° La moelle osseuse a, comme le périoste, le pouvoir ostéogène.

2° Le pouvoir ostéogène de la moelle osseuse n'apparaît que sous l'influence d'une excitation pathologique ou expérimentale convenable.

3° Le pouvoir ostéogène de la moelle est manifestement inférieur à celui du périoste.

BIBLIOGRAPHIE

- DUHAMEL... Mémoire sur les os, dans lequel on se propose de rapporter de nouvelles preuves qui établissent que les os croissent par l'addition de couches osseuses qui tirent leur origine du périoste
- TROJA..... De nov. ossium. regene. exper. Paris, 1775.
- FLOURENS. Théorie expérimentale de la formation des os. Paris, 1847, page 52.
- LEBERT... Traité d'anatomie pathologique, 1857.
- OLLIER.... De la moelle des os et de son rôle dans l'ossification normale et pathologique. (Extrait du Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, janvier et avril 1863, nos XXI et XXII.)
- GOUJON... Recherches expérimentales sur les propriétés physiologiques de la moelle des os, présentées à l'Académie des sciences, le 1^{er} juin 1868.
- BAIKOW... Centrblatt f. d. med., Wissenschaft, 1870, n^o 24.
- MAAS..... Archiv. für Klinisch Chirurgie, bd. xx, 1877, f. 708.
- BRUNS Archiv. für Klinisch Chirurgie, bd. xxvi, heft 3, p. 661, 1881.
- BIDDER.... Archiv. für Klinisch Chirurgie, bd xxii, 1878, p. 155.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Président de la Thèse,

OLLIER.

Vu : *Le Doyen,*

LORTET.

PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur,

EM. CHARLES.

